

**PCT**  
WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM  
Internationales Büro  
INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE  
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)



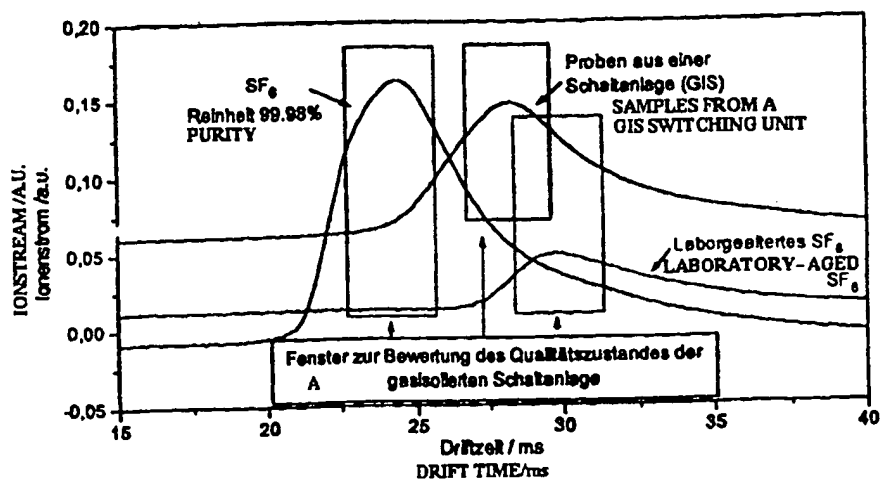
(51) Internationale Patentklassifikation <sup>6</sup> : <b>H01H 33/56, G01N 27/64</b>	<b>A1</b>	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: <b>WO 97/05635</b>  (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 13. Februar 1997 (13.02.97)
<p>(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP96/03309</p> <p>(22) Internationales Anmeldedatum: 26. Juli 1996 (26.07.96)</p> <p>(30) Prioritätsdaten: 195 28 290.6 2. August 1995 (02.08.95) DE</p> <p>(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER SPEKTROCHEMIE UND [DE/DE]; ANGEWANDTEN SPEKTROSKOPIE E.V., Bunsen-Kirchhoff-Strasse 11, D-44139 Dortmund (DE). LABORATORIO CENTRAL - LAC CONVENIO COPEL E UFPR [BR/BR]; Centro Politécnico da Universidade Federal PR, 80510-030-Curitiba, Parana (BR).</p> <p>(72) Erfinder; und</p> <p>(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): BAUMBACH, Jörg, Ingo [DE/DE]; Deiringser Weg 72a, D-59494 Soest (DE). KLOCKOW, Dieter [DE/DE]; Knappstrasse 1a, D-44267 Dortmund (DE). KURRAT, Michael [DE/DE]; Hertinger Strasse 123b, D-59423 Unna (DE). SOPPART, Oliver [DE/DE]; Harkortstrasse 50, D-58135 Hagen (DE). ALBERTI SEGUNDO, Sandra Mara [BR/BR]; Apartamento 6, Rua Augusto Stellfeld, 1274, 80430-140-Curitiba, Parana (BR).</p>		<p>(74) Anwälte: MEINKE, Julius usw.; Westenhellweg 67, D-44137 Dortmund (DE).</p> <p>(81) Bestimmungsstaaten: BR, CA, CN, JP, RU, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).</p> <p>Veröffentlicht Mit internationalem Recherchenbericht. Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist. Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.</p>

(54) Title: METHOD OF MONITORING THE QUALITY OF FILLER GASES, IN PARTICULAR SULPHUR HEXAFLUORIDE, IN GAS-FILLED INSTALLATIONS

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR ÜBERWACHUNG DES QUALITÄTSZUSTANDES DES FÜLLGASES SCHWEFELHEX-  
AFLUORID IN GASGEFÜLLTEN ANLAGEN

(57) Abstract

The invention concerns a method of monitoring the quality of filler gases, in particular sulphur hexafluoride (SF<sub>6</sub>), in gas-filled installations, in particular gas-insulated switchgear such as high- and medium-voltage switches. The aim of the invention is to propose a method which makes continuous monitoring of filler-gas quality possible, at the same time making it possible to locate any fault and determine the type of fault in the installation. This is achieved by virtue of the fact that the filler gas is continuously exchanged, at least for the time taken to carry out the analysis, between the installation and an ion-mobility spectrometer in which the filler gas is ionized and the ions thus formed are analysed in the drift channel of the spectrometer.



A - WINDOW FOR ASSESSING QUALITY OF GAS-INSULATED SWITCHING UNIT

### (57) Zusammenfassung

Mit einem Verfahren zur Überwachung des Qualitätszustandes von Füllgasen, insbesondere von Schwefelhexafluorid (SF<sub>6</sub>), in gasgefüllten Anlagen, insbesondere in gasisolierten Schaltanlagen, wie Hoch- und Mittelspannungsschaltern, soll eine Lösung geschaffen werden, mit der eine laufende Überwachung des Qualitätszustandes von Füllgasen in gasgefüllten Anlagen ermöglicht wird, wobei gleichzeitig auch eine etwaige Bestimmung des Fehlerortes und der Fehlerart in einer solchen Anlage möglich sein soll. Dies wird dadurch erreicht, daß das Füllgas der Anlage zumindest für die Zeit der Analyse im kontinuierlichen Gasaustausch mit einem Ionenbeweglichkeitsspektrometer steht, in welchem das Füllgas ionisiert wird und diese Ionen anschließend in einem Driftkanal des Ionenbeweglichkeitsspektrometers analysiert werden.

### LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AM	Armenien	GB	Vereinigtes Königreich	MX	Mexiko
AT	Österreich	GE	Georgien	NE	Niger
AU	Australien	GN	Guinea	NL	Niederlande
BB	Barbados	GR	Griechenland	NO	Norwegen
BE	Belgien	HU	Ungarn	NZ	Neuseeland
BF	Burkina Faso	IE	Irland	PL	Polen
BG	Bulgarien	IT	Italien	PT	Portugal
BJ	Benin	JP	Japan	RO	Rumänien
BR	Brasilien	KE	Kenya	RU	Russische Föderation
BY	Belarus	KG	Kirgisistan	SD	Sudan
CA	Kanada	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	SE	Schweden
CF	Zentrale Afrikanische Republik	KR	Republik Korea	SG	Singapur
CG	Kongo	KZ	Kasachstan	SI	Slowenien
CH	Schweiz	LI	Liechtenstein	SK	Slowakei
CI	Côte d'Ivoire	LK	Sri Lanka	SN	Senegal
CM	Kamerun	LR	Liberia	SZ	Swasiland
CN	China	LK	Litauen	TD	Tschad
CS	Tschechoslowakei	LU	Luxemburg	TG	Togo
CZ	Tschechische Republik	LV	Lettland	TJ	Tadschikistan
DE	Deutschland	MC	Monaco	TT	Trinidad und Tobago
DK	Dänemark	MD	Republik Moldau	UA	Ukraine
EE	Estland	MG	Madagaskar	UG	Uganda
ES	Spanien	ML	Mali	US	Vereinigte Staaten von Amerika
FI	Finnland	MN	Mongolei	UZ	Usbekistan
FR	Frankreich	MR	Mauretanien	VN	Vietnam
GA	Gabon	MW	Malawi		

"Verfahren zur Überwachung des Qualitätszustandes des Füllgases Schwefelhexafluorid in gasgefüllten Anlagen"

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Überwachung des Qualitätszustandes von Füllgasen, insbesondere von Schwefelhexafluorid ( $\text{SF}_6$ ), in gasgefüllten Anlagen, insbesondere in gasisolierten Schaltanlagen, wie Hoch- und Mittelspannungsschaltern.

In gasisolierten Hoch- und Mittelspannungsanlagen und -behältern werden Füllgase als Isoliergas eingesetzt. Dabei wird vorzugsweise Schwefelhexafluorid ( $\text{SF}_6$ ) eingesetzt, weil  $\text{SF}_6$  eine Reihe wichtiger Eigenschaften in sich vereinigt, die seine Verwendung nahelegen, wie hohe Isolierfähigkeit, ausgezeichnete Bogenlöscheigenschaften, Ungiftigkeit, hohe thermische und chemische Stabilität, kleiner dielektrischer Verlustfaktor, hohe Gasdichte und günstige Wärmeübertragungseigenschaften. Obwohl  $\text{SF}_6$  unter normalen Bedingungen eine beständige chemische Verbindung ist, bewirken hohe thermische Belastungen und elektrische Entladungen eine Zerstörung der  $\text{SF}_6$ -Moleküle. Gasisolierte Schaltanlagen erfordern daher Maßnahmen zur Qualitätserhaltung der Isolierung. Beim Betrieb kann nicht ausgeschlossen werden, daß es ohne geeignete Gegenmaßnahmen zur Zersetzung dieses Gases kommt. Diese Zersetzung kann z.B. durch Überhitzung an einer Verbindungsstelle, Teilentladungen an feh-

lerhaft geerdeten Schirmelektroden oder direkte Gasdurchschläge verursacht werden. Die so gebildeten Zersetzungsprodukte sind zum Teil hochtoxisch und stark korrosiv. Darüber hinaus beeinträchtigen sie die elektrische Festigkeit des SF<sub>6</sub>-Isoliergases in Schaltgeräten und Anlagen, die mit zunehmender Verbreitung von SF<sub>6</sub> gefüllten Anlagen wesentlich die Zuverlässigkeit der elektrischen Energieverteilung bestimmen.

Diese exemplarisch genannten und bekannten negativen Effekte auf das Isoliervermögen von SF<sub>6</sub>-Gas fordert zwingend die Einhaltung eines hohen Standards bei der Fertigung von SF<sub>6</sub>-Anlagen und eine laufende Überwachung des Qualitätszustandes des Isolatorgases. Es ist bekannt, daß es trotz des hohen Standes der Fertigungsqualität und der getroffenen Maßnahmen, wie Einbau von Molekularsieben oder Absorptionsfiltern in die Anlage, um Wasser und gasförmige Zersetzungsprodukte binden zu können, im Langzeitverhalten der Anlage zu Ausfällen kommen kann. So sind beispielsweise Teilentladungen an gasisolierten Schaltern direkt gemessen worden. Da die Bildung gasförmiger Zersetzungsprodukte die elektrische Festigkeit einer SF<sub>6</sub>-Anlage verschlechtert, sind quantitative Angaben über die elektrische Festigkeit von SF<sub>6</sub>-Gas mit Zersetzungsprodukten für die Energieversorger als Betreiber solcher Anlagen von großem Interesse. Gleiches gilt für Zahlenwerte über die Verringerung der

Überschlagspannung von Stützisolatoren unter Einfluß von Feuchtigkeit und Zersetzungsprodukten. Diese Angaben sind für eine Gasdiagnostik, z.B. zur Bestimmung des Zeitpunktes eines Gasaustausches oder einer ereignisgesteuerten Revision als Fernziel unverzichtbar. Ein weiteres Anwendungsgebiet der Gasdiagnostik ist die Bestimmung des Fehlerortes und der Fehlerart. Der Fehlerort läßt sich aufgrund der Konzentrationsunterschiede in den einzelnen geschotteten Bereichen einer Anlage finden. Die Fehlerart kann sich aus den einzelnen Komponenten der Zersetzungsprodukte ergeben.

Quantitative Angaben über die elektrische Festigkeit von SF<sub>6</sub>-Gas mit Beimengungen von seinen Zersetzungsprodukten liegen ausgehend von Experimenten mit Gleichspannungs-Koronaentladungen in wissenschaftlichen Einrichtungen und off-line-Probenahmen und Analysen an elektrischen Schaltanlagen vor. Hierzu kommen neben naßchemischen Verfahren Teströhrchen und die Fouriertransform-Infrarotspektroskopie sowie die Massenspektrometrie zum Einsatz. Akustische Verfahren gestatten Rückschlüsse auf den Qualitätszustand des Isoliergases, sind jedoch instrumentell und personell aufwendig, noch nicht ausreichend genau und zudem relativ teuer. Alle diese vorgenannten Verfahren sind Laborverfahren für die Gasanalytik, die sehr hohe Empfindlichkeiten und gute Selektivität aufweisen, jedoch off-line arbeiten und damit nur eine zeitversetzte Antwort zum Betriebszu-

stand der Anlage geben können. Außerdem sind sie vergleichsweise personal- und kostenintensiv.

Aufgabe der Erfindung ist es deshalb, eine Überwachung des Qualitätszustandes von Füllgasen in gasgefüllten Anlagen zu ermöglichen, wobei gleichzeitig auch eine etwaige Bestimmung des Fehlerortes und der Fehlerart in einer solchen Anlage möglich sein soll.

Diese Aufgabe wird mit einem Verfahren der eingangs bezeichneten Art erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß das Füllgas der Anlage zumindest für die Zeit der Analyse im kontinuierlichen Gasaustausch mit einem Ionenbeweglichkeitsspektrometer steht, in welchem das Füllgas ionisiert wird und diese Ionen anschließend in einem Driftkanal des Ionenbeweglichkeitsspektrometers analysiert werden.

Ionenbeweglichkeitsspektrometer sind grundsätzlich seit längerer Zeit für andere Verwendungszwecke bekannt. So sind seit einer Reihe von Jahren verschiedene derartige Geräte für den militärischen und zivilen Einsatz konzipiert und gebaut worden. Heute werden vor allem Ionenbeweglichkeitsspektrometer als Warngeräte für chemische Kampfstoffe und dgl. verwendet. In verschiedenen wissenschaftlichen Arbeiten sind auch schon die Beweglichkeiten verschiedener negativer und positiver Ionen, die grundsätzlich in  $\text{SF}_6$  gebil-

det werden können, bei unterschiedlichen Temperaturen und Drücken beschrieben worden. Hierbei sind jedoch entweder die Drücke nicht mit den Betriebsdrücken von Hochspannungsschaltern vergleichbar (P.L. Petersson, Mobilities of negative ions in SF<sub>6</sub>-J.Chem.Phys. 53 (1970) 696-704), die Temperaturen deutlich höher als in solchen SF<sub>6</sub>-gefüllten Anlagen (S.N. Lin, G.W. Griffin, E.C. Horning, W.E. Wentworth: Dependence of polyatomic ion mobilities on ionic size - J.Chem.Phys. 12 (1974), 94494-94999) oder die elektrischen Feldstärken stimmen nicht mit denjenigen in Ionenbeweglichkeitsspektrometern überein (J.de Urquijo-Carmona, C. Cisneros, I. Alvarez. Measurement of ionisation, positive ion mobilities and longitudinal diffusion coefficients in SF<sub>6</sub> at high E/N. - J. Phys. D: Appl. Phys. 18 (1985) 92017-2022).

Es hat sich nun überraschend herausgestellt, daß es mit der erfindungsgemäßen Verfahrensführung möglich ist, im großtechnischen Einsatz eine kontinuierliche und zuverlässige Überwachung des Qualitätszustandes von vorzugsweise SF<sub>6</sub>-gefüllten Anlagen durchzuführen. Dabei ist die Ionenbeweglichkeitsspektrometrie eine Methode, bei Umgebungsdruck durch direkte Ionisierung oder über Ionen-Molekül-Reaktionen Ionen bereitzustellen und diese danach im Driftkanal zu analysieren. Die Zeit, die diese Ionen benötigen, um unter den Einfluß eines elektrischen Feldes eine bestimmte

Strecke im Driftkanal zurückzulegen, ist hauptsächlich eine Funktion der Masse und der Ladung der Ionen. Darüber hinaus spielen auch die Ladungsverteilung im Molekül und die Polarisierbarkeit eine Rolle.

Dabei kann an gasgefüllten Schaltanlagen auch von außen im Bypass eine ständige oder zeitweise Adaption eines Ionenbeweglichkeitsspektrometers so erfolgen, daß bis hinunter in den Millisekundenbereich Spektren der zu untersuchenden Gemische aufgenommen und anschließend in geeigneter Weise ausgewertet werden können. Hierbei wird ein auftretender Unterschied zwischen dem Spektrum in reinem SF<sub>6</sub>, praktischerweise dem beim Befüllen der Anlage im Mittel erhaltenen Spektrum, mit dem aktuellen Spektrum genutzt. Dabei können in dem Spektrum einzelne Ionen als Leitkomponenten ausgesucht werden. Wenn es im Laufe des Betriebes der gasgefüllten Anlage zu Veränderungen der Qualität des Füllgases kommt, so wird sich das Ionenbeweglichkeitsspektrum verändern. Zusätzliche Peaks können auftreten, je nach Natur des Füllgases, seiner Qualität, seinem Fülldruck, seinem Wassergehalt, seinem Sauerstoffgehalt und anderer Parameter oder es kommt zu einer Verschiebung der Peaklage. Der Verlauf der Veränderungen kann computergestützt überwacht und ausgewertet werden. Es kann dementsprechend auch die Güte von gereinigtem SF<sub>6</sub> bei der Wiederbefüllung SF<sub>6</sub>-gefüllter Anlagen überprüft bzw. überwacht werden.



Vorteilhafterweise wird die jeweils ermittelte Füllgaszusammensetzung mit einer Referenzgaszusammensetzung verglichen und bei Überschreitung einer vorgegebenen Abweichung von der Referenzgaszusammensetzung ein Fehlersignal erzeugt, um die Revisionsbedürftigkeit zu signalisieren und die Gefahr des Ausfallens der Anlage anzuzeigen. Als Referenzgas dient dann selbstverständlich reines SF<sub>6</sub>.

Im Ionisierungsraum des Ionenbeweglichkeitsspektrometers kann die primäre Ionisierung der Gasmoleküle des Füllgases durch  $\beta$ -Strahlung, UV-Strahlung oder durch elektrische Teilentladungen erfolgen, wobei letzteres besonders vorteilhaft ist.

In weiterer vorteilhafter Ausgestaltung ist vorgesehen, daß bei der Ionisierung mittels elektrischer Teilentladungen durch eine Folge elektrischer Impulse die Anzahl und die Dauer der Teilentladungen so gesteuert wird, daß der Startimpuls für einen Ionenschwarm direkt mit dem Impuls der Teilentladungen zusammenfällt. Außerdem kann die Ladungsträgeranzahl gesteuert werden, wobei vorzugsweise oder gezielt Ionisierungsergebnisse erreicht werden, wie mittels radioaktiver Strahlungsquellen.

Als besonders vorteilhaft hat es sich herausgestellt, daß im Driftraum des Ionenbeweglichkeitsspektrometers ein konstantes elektrisches Feld mit einer Feldstärke zwischen einigen 10 und einigen 100 bis einigen 1000 V/cm eingestellt wird.

Um die kontinuierliche Überwachung zu gewährleisten, kann vorgesehen sein, daß das Ionenbeweglichkeitsspektrometer in den gasgefüllten Bereich der Anlage eingebettet ist oder über eine Gasleitung mit dem Füllgas in kontinuierlichem Austausch (mittels Gasfluß und/oder Gasdiffusion) steht. Ein solcher Gasaustausch sollte auch bei einem off-line und/oder on-side-Betrieb z.B. bei diskontinuierlichen Überwachungen bestehen oder hergestellt werden.

Besonders vorteilhaft ist zur Durchführung des vorgenannten Verfahrens ein Ionenbeweglichkeitsspektrometer vorgesehen, welches eine stabförmige Ionisierungsquelle im Ionisierungsraum und eine plattenförmige Sammelelektrode am Ende des Driftraumes (Spitze-Platte-Anordnung) aufweist. Auf diese Weise können die Ionen mittels einer Teilentladung direkt im Reaktionsraum im Trägergas  $\text{SF}_6$  bereitgestellt werden, wobei ein ständiger Gasaustausch zwischen dem Füllgas der Anlage und dem Ionenbeweglichkeitsspektrometer so herzustellen ist, daß eine kontinuierliche Messung zumindest für die Zeit der Analyse möglich ist.

Als besonders vorteilhaft hat es sich herausgestellt, wenn der Driftraum als zylindrisches Rohr ausgebildet ist, wobei der Driftraum vorteilhaft von einer Mehrzahl von leitfähigen Elektrodenringen gebildet ist, welche durch isolierende Zwischenringe getrennt sind. Eine solche Elektrodenanordnung ist grundsätzlich beispielsweise aus DE 41 30 810 C1 bekannt.

Die Erfindung ist nachstehend anhand der Zeichnung beispielsweise näher erläutert. Diese zeigt in:

Fig. 1 in einer Prinzipskizze einen mit einem Ionenbeweglichkeitsspektrometer ausgerüsteten gasisolierten Hochspannungsschalter und in

Fig. 2 in einem Schaubild einen Vergleich der Ionenbeweglichkeitsspektren für negative Ionen in Schwefelhexafluorid für reines  $\text{SF}_6$  für eine Probe aus einer realen Schaltanlage und für laborgealtertes Gas.

In Fig. 1 ist ein gasisolierter Hochspannungsschalter vereinfacht dargestellt und mit GIS bezeichnet. Dieser Hochspannungsschalter GIS ist über eine geeignete, mit 2 bezeichnete Verbindung zum Gasaustausch mit einem Ionenbeweg-

lichkeitsspektrometer IMS verbunden. Dieses Ionenbeweglichkeitsspektrometer IMS weist eine stabförmige Ionisierungsquelle 3 auf, welche im Ionisierungsraum angeordnet ist, der am anderen Ende von einem Schaltgitter 4 zur Ionen-schwarmbildung begrenzt ist. Zwischen Ionisierungsquelle 3 und Schaltgitter 4 kann ein weiteres, nicht dargestelltes Gitter angeordnet sein. Anschließend an das Schaltgitter 4 ist eine Driftröhre 5 vorgesehen, welche vorzugsweise rohrförmig ist und aus einer Mehrzahl von leitfähigen Elektrodenringen gebildet ist, welche jeweils durch isolierende Zwischenringe getrennt sind. Am anderen Ende der Driftröhre 5 ist als Sammelelektrode eine Faradayplatte 6 angeordnet.

Um entlang der Achse der Mehrzahl der leitfähigen Elektrodenringe ein gleichförmiges Driftfeld geeigneter Stärke zu etablieren, können die leitenden Elektrodenringe auf ein geeignetes Potential gelegt werden. Dieses Potential wird mittels einer Hochspannungsquelle erzeugt und in der Regel mittels einer geeigneten Widerstandskette oder eines Widerstandsnetzwerkes eingerichtet. Die Stärke des elektrischen Feldes liegt in der Größenordnung einiger 100 V/cm entlang des Driftweg.

Die elektrische Feldstärke im Ionisierungsraum muß mit der im Driftraum nicht notwendigerweise übereinstimmen. Vor der Faradayplatte 6 (der Sammlungselektrode) ist ein Apertur-

gitter angeordnet, das in der Zeichnung nicht dargestellt ist.

Üblicherweise wird das Trägergas mit den Probenmolekülen, hier Zersetzungsprodukten im Trägergas  $\text{SF}_6$  in den Ionisierungsraum des Ionenbeweglichkeitsspektrometers IMS geführt. Dies kann über die geeignete Verbindung 2 durch kontinuierlichen Gasaustausch mit der  $\text{SF}_6$ -gefüllten Anlage GIS mittels Gastransport (z.B. Gasfluß oder Gasdiffusion) erfolgen.

Im Ionisierungsraum des Ionenbeweglichkeitsspektrometers IMS werden mittels radioaktiver Strahlungsquellen, UV-Lichtquellen oder Koronaentladungen oder besonders bevorzugt auch mittels Teilentladungen Trägergas- und Analytgasionen (Zersetzungsprodukte) gebildet. Im Reaktionsbereich liegt in der Regel ein elektrischer Potentialgradient vor, so daß das geladene Gemisch diverser Ionen auf das Injektionsgitter hin bewegt wird. Am Ausgang des Ionisierungsraumes befindet sich das Schaltgitter 4 zur Ionenschwarmbildung, welches sich periodisch öffnet (z.B. alle 50 ms für einige 10 bis 100  $\mu\text{s}$ ), normalerweise den Durchlaß zur Driftzelle für Ionen jedoch versperrt. Im von außen angelegten elektrischen Feld gelangt während der Gitteröffnungszeit eine bestimmte Menge des Ionengemisches in den Driftraum 5. Im hier von außen aufrechterhaltenen, nahezu

konstanten elektrischen Driftfeld mit idealerweise linearem Potentialgradienten driften die Ionen gemäß ihrer Masse und Struktur unterschiedlich schnell und treffen am Ende des Driftraumes auf das nicht dargestellte Aperturgitter und bewegen sich durch dieses hindurch zu der Sammelelektrode (Faradayplatte 6) hin. Im günstigen Fall treffen vollständig getrennte Teilwolken der Ionen auf die Faradayplatte 6, wo ein Ionenbeweglichkeitsspektrum mittels geeigneter Verstärker und Anzeigeinstrumente erhalten werden kann. Hierbei wird ausgenutzt, daß die Ankunftszeit der Ionen von ihrer Mobilität abhängt. Somit erreichen leichtere Ionen die Faradayplatte 6 früher als schwerere.

Die Möglichkeit einer on-line-Überwachung der Qualität des  $\text{SF}_6$ -Gases in dem gasisolierten Hochspannungsschalter GIS, beruht zum einen darauf, daß die Ionen mittels einer Teilentladung vorzugsweise mittels der in der Fig. 1 dargestellten Spitze-Platte-Anordnung, direkt im Reaktionsraum im Trägergas  $\text{SF}_6$  bereitgestellt werden können und zum anderen darauf, daß ein ständiger Gasaustausch zwischen dem Füllgas des Hochspannungsschalters GIS und dem Ionenbeweglichkeitsspektrometer IMS so hergestellt wird, daß eine kontinuierliche Messung möglich ist. Hierbei wird der Unterschied zwischen dem Spektrum in reinem  $\text{SF}_6$ , praktischerweise dem beim Befüllen der Anlage im Mittel erhaltenen, und dem aktuellen Spektrum ausgewertet. Dazu können in dem

Spektrum beispielsweise einzelne Ionen als Leitkomponenten ausgesucht werden. Wenn es im Laufe des Betriebes der gasgefüllten Anlage zu Veränderungen der Qualität des Füllgases kommt, so ändert sich das Ionenbeweglichkeitsspektrum. Zusätzliche Peaks können auftreten, je nach Natur des Füllgases, seiner Qualität, seinem Fülldruck, seinem Wassergehalt, seinem Sauerstoffgehalt und anderer Parameter. Oder die Peaklage kann sich verändern. Der Verlauf der Veränderungen wird dann computergestützt überwacht und ausgewertet. Bei Abweichung über einen für die entsprechende Anlage festgelegten Grenzwert hinaus wird die Revisionsbedürftigkeit signalisiert und die Gefahr des Ausfalls der Anlage bzw. des Schalters GIS angezeigt und ggf. Alarm ausgelöst.

In Fig. 2 sind typische Spektren, die in der Praxis aufgenommen worden sind, dargestellt, nämlich zum einen eine Kurve für reines  $\text{SF}_6$  (Reinheit 99,98 %), eine Probe aus einem realen gasisolierten Hochspannungsschalter GIS und eine Probe für laborgealtertes und damit sehr geschädigtes  $\text{SF}_6$ . Erkennbar ergeben sich deutliche Unterschiede, insbesondere eine Verschiebung des Peakmaximums, die eine Auswertung der jeweiligen Qualität des  $\text{SF}_6$ -Gases ermöglichen.

Natürlich ist das erfindungsgemäße Verfahren nicht nur zur Überwachung des Qualitätszustandes von  $\text{SF}_6$ , sondern auch von anderen Gasen geeignet.

Ansprüche:

1. Verfahren zur Überwachung des Qualitätszustandes von Füllgasen, insbesondere von Schwefelhexafluorid ( $\text{SF}_6$ ) in gasgefüllten Anlagen, insbesondere in gasisolierten Schaltanlagen, wie Hoch- und Mittelspannungsschaltern, dadurch gekennzeichnet, daß das Füllgas der Anlage zumindest für die Zeit der Analyse im kontinuierlichen Gasaustausch mit einem Ionenbeweglichkeitsspektrometer steht, in welchem das Füllgas ionisiert wird und diese Ionen anschließend in einem Driftkanal des Ionenbeweglichkeitsspektrometers analysiert werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die jeweils ermittelte Füllgaszusammensetzung mit einer Referenzgaszusammensetzung verglichen und bei Überschreitung einer vorgegebenen Abweichung von der Referenzgaszusammensetzung ein Fehlersignal erzeugt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß im Ionisierungsraum des Ionenbeweglichkeitsspektrometers die primäre Ionisierung der Gasmoleküle des Füllgases



durch  $\beta$ -Strahlung, UV-Strahlung oder durch elektrische Teilentladungen erfolgt.

4. Verfahren nach Anspruch 3,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß bei der Ionisierung mittels elektrischer Teilentladungen durch eine Folge elektrischer Impulse die Anzahl und die Dauer der Teilentladungen so gesteuert wird, daß der Startimpuls für einen Ionenschwarm direkt mit dem Impuls der Teilentladungen zusammenfällt.
5. Verfahren nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß im Driftraum des Ionenbeweglichkeitsspektrometers ein konstantes elektrisches Feld mit einer Feldstärke zwischen einigen 10 und einigen 100 bis einigen 1000 V/cm eingestellt wird.
6. Verfahren nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß das Ionenbeweglichkeitsspektrometer in den gasgefüllten Bereich der Anlage eingebettet ist oder über eine Gasleitung mit dem Füllgas in kontinuierlichem Austausch steht.

7. Ionenbeweglichkeitsspektrometer zur Durchführung des Verfahrens nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß dieses eine stabförmige Ionisierungsquelle (3) im Ionisierungsraum und eine plattenförmige Sammelelektrode (6) am Ende des Driftraumes (5) (Spitze-Platte-Anordnung) aufweist.
8. Ionenbeweglichkeitsspektrometer nach Anspruch 7,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß der Driftraum (5) als zylindrisches Rohr ausgebildet ist.
9. Ionenbeweglichkeitsspektrometer nach Anspruch 8,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß der Driftraum (5) von einer Mehrzahl von leitfähigen Elektrodenringen gebildet ist, welche durch isolierende Zwischenringe getrennt sind.

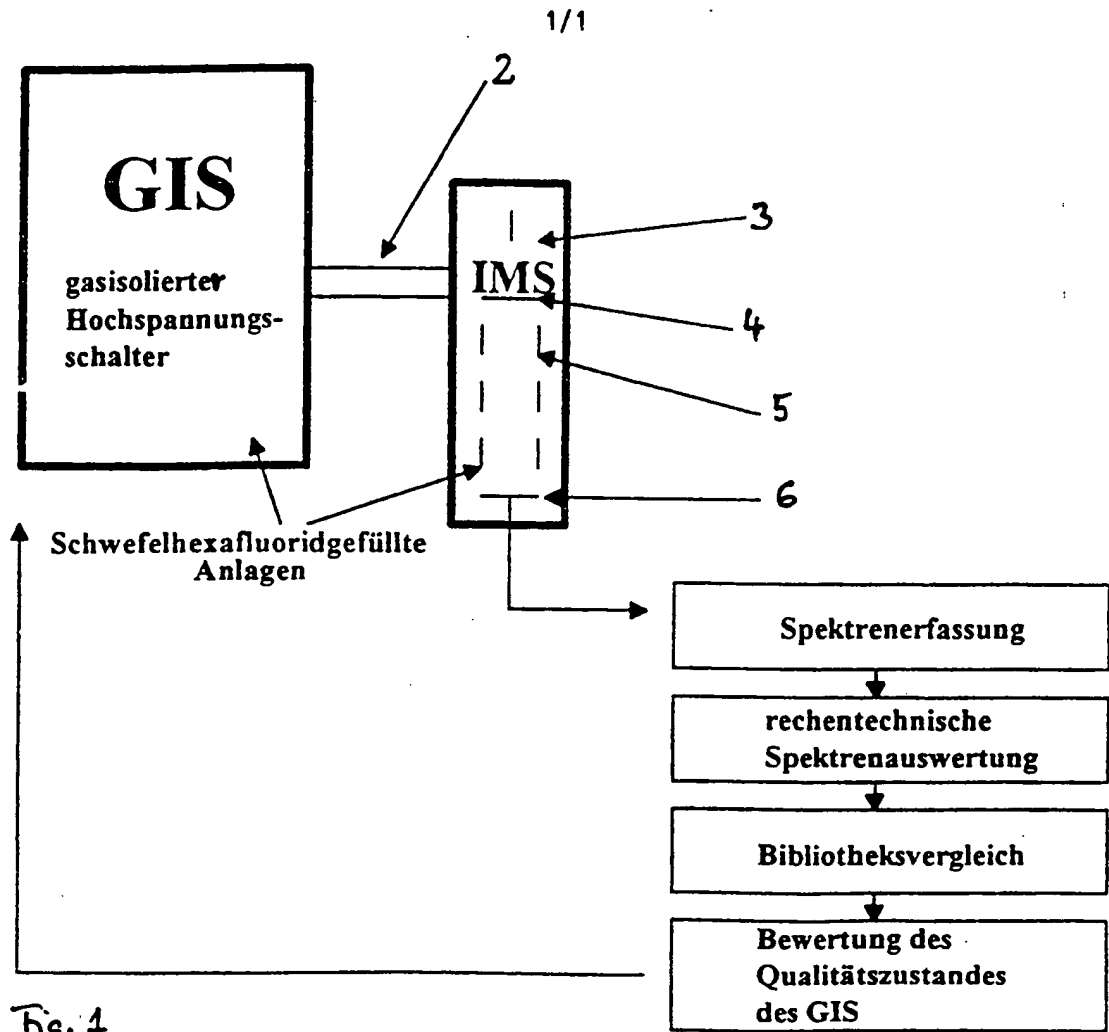


Fig. 1

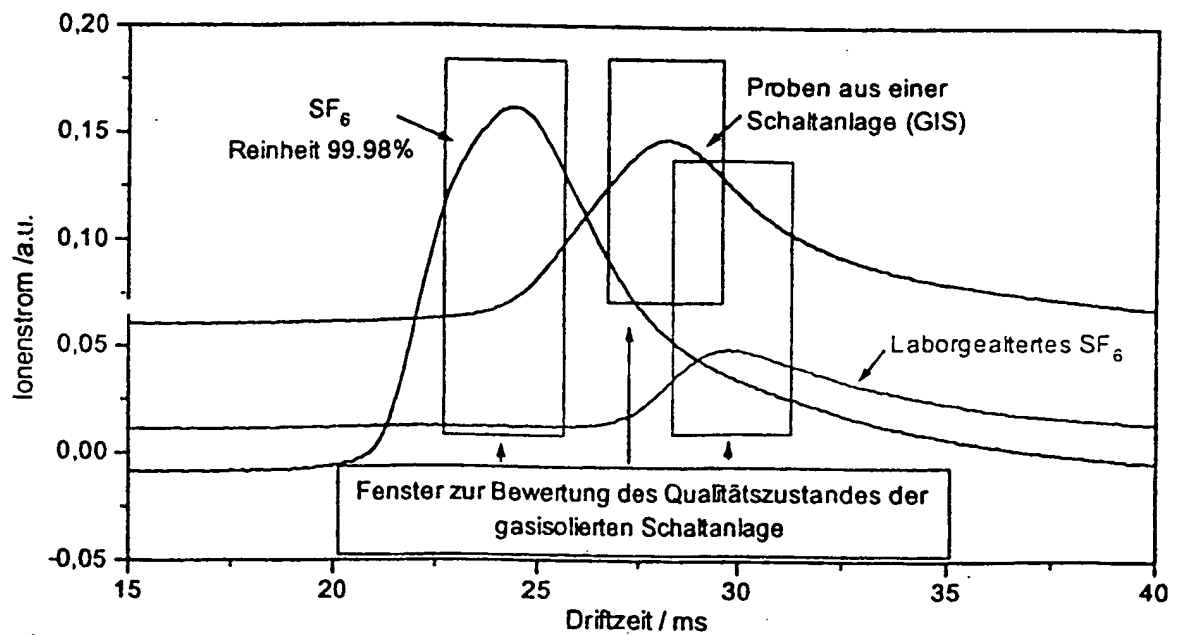


Fig. 2

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Internat. Application No.  
PCT/EP 96/03309

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 6 H01H33/56 G01N27/64

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 6 H01H G01N H02B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US,A,4 633 082 (SAUERS ISIDOR) 30 December 1986 see column 2, line 40 - line 68 ---	1-9
Y	FR,A,2 414 811 (WESTINGHOUSE ELECTRIC CORP) 10 August 1979 see page 3, line 15 - line 28 ---	1-9
A	US,A,3 211 996 (WESTINGHOUSE ELECTRIC CORPORATION) 12 October 1965 see column 1, line 11 - line 60 ---	1
A	DE,C,41 30 810 (BRUHER SAXONIA ANALYTIK GMBH) 3 December 1992 cited in the application see abstract --- -/--	1,9

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

### \* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- \*&\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

2 December 1996

Date of mailing of the international search report

11 12 96

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+ 31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl.  
Fax (+ 31-70) 340-3016

Authorized officer

Libberecht, L

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Internat Application No  
PCT/EP 96/03309

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JOURNAL OF CHEMICAL PHYSICS, 15 JULY 1970, USA, vol. 53, no. 2, ISSN 0021-9606, pages 696-704, XP000610732 PATTERSON P L: "Mobilities of negative ions in SF/sub 6/" cited in the application ---	1
A	JOURNAL OF CHEMICAL PHYSICS, 15 JUNE 1974, USA, vol. 60, no. 12, ISSN 0021-9606, pages 4994-4999, XP000610731 LIN S N ET AL: "Dependence of polyatomic ion mobilities on ionic sizes" cited in the application ---	1
A	JOURNAL OF PHYSICS D (APPLIED PHYSICS), 14 OCT. 1985, UK, vol. 18, no. 10, ISSN 0022-3727, pages 2017-2022, XP000611097 DE URQUIJO-CARMONA J ET AL: "Measurement of ionisation, positive ion mobilities and longitudinal diffusion coefficients in SF/sub 6/ at high E/N" cited in the application -----	1

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 96/03309

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US-A-4633082	30-12-86	NONE	
FR-A-2414811	10-08-79	DE-A- 2900316	26-07-79
		GB-A- 1588828	29-04-81
		JP-A- 54097744	02-08-79
		NL-A- 7900186	13-07-79
US-A-3211996	12-10-65	FR-A- 1307525	13-02-63
DE-C-4130810	03-12-92	CH-A- 684560	14-10-94
		GB-A,B 2260217	07-04-93
		US-A- 5280175	18-01-94

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen  
PC1/EP 96/03309

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 6 H01H33/56 G01N27/64

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 6 H01H G01N H02B

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehorende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	US,A,4 633 082 (SAUERS ISIDOR) 30.Dezember 1986 siehe Spalte 2, Zeile 40 - Zeile 68 ---	1-9
Y	FR,A,2 414 811 (WESTINGHOUSE ELECTRIC CORP) 10.August 1979 siehe Seite 3, Zeile 15 - Zeile 28 ---	1-9
A	US,A,3 211 996 (WESTINGHOUSE ELECTRIC CORPORATION) 12.Oktober 1965 siehe Spalte 1, Zeile 11 - Zeile 60 ---	1
A	DE,C,41 30 810 (BRUHER SAXONIA ANALYTIK GMBH) 3.Dezember 1992 in der Anmeldung erwähnt siehe Zusammenfassung --- -/-	1,9

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

- \* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
- \* A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
  - \* E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
  - \* L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
  - \* O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
  - \* P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

- \* T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis der der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
- \* X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden
- \* Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
- \* &\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

2.Dezember 1996

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

11.12.96

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+ 31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax (+ 31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Libberecht, L

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 96/03309

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	JOURNAL OF CHEMICAL PHYSICS, 15 JULY 1970, USA, Bd. 53, Nr. 2, ISSN 0021-9606, Seiten 696-704, XP000610732 PATTERSON P L: "Mobilities of negative ions in SF/sub 6/" in der Anmeldung erwähnt ---	1*
A	JOURNAL OF CHEMICAL PHYSICS, 15 JUNE 1974, USA, Bd. 60, Nr. 12, ISSN 0021-9606, Seiten 4994-4999, XP000610731 LIN S N ET AL: "Dependence of polyatomic ion mobilities on ionic sizes" in der Anmeldung erwähnt ---	1
A	JOURNAL OF PHYSICS D (APPLIED PHYSICS), 14 OCT. 1985, UK, Bd. 18, Nr. 10, ISSN 0022-3727, Seiten 2017-2022, XP000611097 DE URQUIJO-CARMONA J ET AL: "Measurement of ionisation, positive ion mobilities and longitudinal diffusion coefficients in SF/sub 6/ at high E/N" in der Anmeldung erwähnt -----	1



# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 96/03309

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US-A-4633082	30-12-86	KEINE	
FR-A-2414811	10-08-79	DE-A- 2900316	26-07-79
		GB-A- 1588828	29-04-81
		JP-A- 54097744	02-08-79
		NL-A- 7900186	13-07-79
US-A-3211996	12-10-65	FR-A- 1307525	13-02-63
DE-C-4130810	03-12-92	CH-A- 684560	14-10-94
		GB-A,B 2260217	07-04-93
		US-A- 5280175	18-01-94

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**